

GNSS PPP

Hassas Nokta Konumlama Yöntemi ve Uygulamaları

27-28 Haziran 2025

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Atatürk Kültür Merkezi/ Samsun

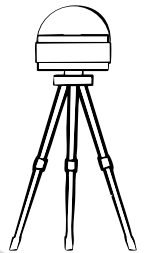
[SONUÇ RAPORU]

GPS

GLONASS

BEIDOU

GALILEO



TMMOB

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

GNSS PPP

Hassas Nokta Konumlama Yöntemi ve Uygulamaları

27-28 Haziran 2025

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Atatürk Kültür Merkezi/ Samsun



Basım Adedi: 1.000

Mizanpaj: Önder Olgun Bökü
GSM: 0532 694 72 80

Editör: Prof. Dr. Aydın Üstün

Baskı: Onada Tanıtım Ltd. Şti.

Basım Yeri: Çağhan Ofset Matbaacılık
Sertifika No: 49755

Basım Tarihi: Ekim 2025

ISSBN: 978-605-01-1697-7

[SONUÇ RAPORU]



TMMOB

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

İçindekiler

Düzenleme Kurulu	4
Yürütme Kurulu	5
Katılımcılar.....	6
Ön Söz	8
Editörden	10
Giriş	13
Günümüz Dünyasında Konumlama Teknolojileri ve TUSAGA-Aktif Sistemi	14
GNSS PPP Tekniği: Konum Belirlemenin Yeni Boyutu	17
PPP'nin Uygulama Alanları ve Potansiyeli	18
Geleceğe Yönelik Perspektifler ve Çalıştay'dan Beklentiler	19
Açılış Paneli: GNSS PPP Yöntemi ve Uygulamaları.....	20
Teknik Oturumlar	
Hassas Nokta Konumlamanın Dünü, Bugünü ve Yarını	23
Ulusal Referans Ağlar Temelinde Jeodezik ve Jeodinamik Uygulamalar ..	25
Kinematik Uygulamalar	27
Mühendislik Ölçmeleri Uygulamaları	30
Yükseklik Ölçmeleri.....	32
Atmosferik Uygulamalar.....	34
Hidrografik Ölçmeler.....	36
PPP Değerlendirme Servisleri ve Açık Kaynaklı Yazılımlar	38
Özet Sonuç ve Öneriler.....	41
Hassas Nokta Konumlandırma (PPP) Yöntemi	41
Öneriler ve Geleceğe Yönelik Adımlar.....	42
1. Yasal ve Kurumsal Düzenlemeler	42
2. TUSAGA-Aktif Sisteminin İyileştirilmesi ve Entegrasyonu	42
3. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Faaliyetleri.....	42
4. PPP'nin Yaygınlaştırılması.....	43

Düzenleme Kurulu

Ali İpek
Eray Yıldız
Murat Türüdü
Gizem Gürlek Cangür
Ufuk Aydın
Mehmet Ali Serken
Özan Özer
Hasan Şahin
İbrahim Özdemir
Yasin Şahin
Buket Nazlı Eriş
Prof. Dr. Aydın Üstün
Prof. Dr. Cemal Özer Yiğit
Prof. Dr. Taylan Öcalan
Doç. Dr. Berkay Bahadır
Doç. Dr. Seda Özarpacı
Arş. Gör. Dr. Sevda Olgun
Prof. Dr. İbrahim Tiryakioğlu
Prof. Dr. Hasan Hakan Yavaşoğlu
Prof. Dr. Nursu Tunalıoğlu Öcalan
Prof. Dr. Emine Tanır Kayıkçı
Prof. Dr. Hediye Erdoğan
Doç. Dr. Nedim Onur Aykut
Doç. Dr. Mert Bezcioğlu
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Murat Ozulu
Aşkın Ozan
Osman Bal
Doç. Dr. Sercan Bülbül
Doç. Dr. Veli İlçi

[illegible]

Yürütme Kurulu

Prof. Dr. Aydın Üstün
Prof. Dr. Bahadır Aktuğ
Prof. Dr. Bahattin Erdoğan
Prof. Dr. Cemal Özer Yiğit
Prof. Dr. Doğan Uğur Şanlı
Prof. Dr. Reha Metin Alkan
Prof. Dr. Taylan Öcalan
Prof. Dr. Nursu Tunalıoğlu Öcalan
Prof. Dr. Emine Tanır Kayıkçı
Prof. Dr. Hediye Erdoğan
Doç. Dr. Berkay Bahadır
Doç. Dr. Mert Bezicioğlu
Doç. Dr. Veli İlçi
Doç. Dr. Seda Özarpacı
Arş. Gör. Dr. Sevda Olgun
Gizem Gürlek Cangür
Hasan Şahin
Timur Biliç Batur
Gamze Kılıçkaya
Mert Özdağ
Edanur Efeoğlu
Emre Köksal

Yürütme Kurulu Başkanı
Ankara Üniversitesi Öğretim Üyesi
Yıldız Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi
Gebze Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi
Yıldız Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi
İstanbul Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi
Yıldız Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi
Yıldız Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi
Karadeniz Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi
Aksaray Üniversitesi Öğretim Üyesi
Hacettepe Üniversitesi Öğretim Üyesi
İstanbul Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Öğretim Üyesi
Yıldız Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi
Kocaeli Üniversitesi Öğretim Üyesi
HKMO Genel Saymanı
HKMO Yönetim Kurulu Yedek Üyesi
HKMO Genel Sekreter Yardımcısı
Harita Mühendisi, HKMO Teknik İşler Şubesi
Harita Mühendisi/Danışman, HKMO Tek. İşl. Şb.
Harita Mühendisi, HKMO Teknik İşler Şubesi
HKMO Samsun Şube Yönetim Kurulu Üyesi





Katılımcılar

GNSS PPP Yöntemi ve Uygulamaları Çalıştayı Açılış Paneli

Moderatör: Aydın Üstün

Konuşmacılar:

Ali İpek - Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Genel Başkanı

Kaan Kalkan - Uzaktan Algılama Grup Lideri, Tübitak Uzay

Erdoğan Sezen - Jeodezi Dairesi Başkanı, Harita Genel Müdürlüğü

Ekrem Ayyıldız - Harita Dairesi Başkanı, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü

Hassas Nokta Konumlamanın Dünü, Bugünü ve Yarını

Moderatör: Berkay Bahadır

Konuşmacılar:

Reha Metin Alkan - İstanbul Teknik Üniversitesi

Berkay Bahadır - Hacettepe Üniversitesi

Cemal Özer Yiğit - Gebze Teknik Üniversitesi

Meryem Aydın - Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü

Ulusal Referans Ağlar Temelinde Jeodezik ve Jeodinamik Uygulamalar

Moderatör: Bahadır Aktuğ

Konuşmacılar:

Selçuk Peker - Harita Genel Müdürlüğü

Cemal Özer Yiğit - Gebze Teknik Üniversitesi

Halil İbrahim Solak - Afyon Kocatepe Üniversitesi

Ali Kılıçoğlu - Özel Sektör

Kinematik Uygulamalar

Moderatör: Taylan Öcalan

Raportör: Ali Hasan Doğan

Konuşmacılar:

Hasan Dilmaç - Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Ahmet Can Uçarlı - Adastec Corporation

Veli İlçi - Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Furkan Karlıtepe - ENETKİ Savunma A.Ş. & Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Hakan Karagöz - Özel Sektör

Mühendislik Ölçmeleri Uygulamaları

Moderatör: Cemal Özer Yiğit

Raportör: Mert Bezcioglu

Konuşmacılar:

Ahmet Anıl DİNDAR – *Gebze Teknik Üniversitesi*

Cemal Özer Yiğit – *Gebze Teknik Üniversitesi*

Mert Bezcioglu – *İstanbul Teknik Üniversitesi*

Burak Akpınar – *Yıldız Teknik Üniversitesi*

Yükseklik Ölçmeleri Uygulamaları

Moderatör: Doğan Uğur Şanlı

Raportör: Ramazan Alpay Abbak

Konuşmacılar:

Aydın Üstün - *Kocaeli Üniversitesi*

Erdoğan SEZEN - *Harita Genel Müdürlüğü*

Cansu Beşel Hatipoğlu - *Sinop Üniversitesi*

Atmosferik Uygulamalar

Moderatör: Bahattin Erdoğan

Raportör: Utkan Mustafa Durdağ

Konuşmacılar:

Erman Şentürk – *Kocaeli Üniversitesi*

Ali Hasan Doğan – *Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi*

Hidrografik Ölçme Uygulamaları

Moderatör: Reha Metin Alkan

Konuşmacılar:

Nedim Onur Aykut - *Yıldız Teknik Üniversitesi*

Mert Bezcioglu - *İstanbul Teknik Üniversitesi*

Cemal Özer Yiğit - *Gebze Teknik Üniversitesi*

Reha Metin Alkan - *İstanbul Teknik Üniversitesi*

PPP Değerlendirme Servisleri ve Açık Kaynaklı Yazılımlar

Moderatör: Berkay Bahadır

Konuşmacılar:

Metin Nohutcu - *Hacettepe Üniversitesi*

Mert Bezcioglu - *İstanbul Teknik Üniversitesi*

Ön Söz

TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, teknolojik gelişmeler ışığında bilimsel ve mesleki öngörülerini; kamu ve toplum yararı çerçevesinde ve etik ilkeleri ışığında ele alarak değişik etkinliklerle üyelerine ve topluma sunmayı görev bilmektedir.

Bu hedef ile Odamızca, Hassas Nokta Konumlamanın Geleceğini ele almak üzere, konusunda uzman akademisyen ve kamu/özel sektör temsilcileri ile birlikte GNSS PPP yönteminin avantajları, Türkiye'deki potansiyel uygulamaları, konum belirlemede kontrol ve denetim ihtiyaçları ve hassas konum bilgisi ihtiyaçlarının giderilmesi üzerine tartışıp sonuca yönelik doğru, tarafsız ve bilimsel çıkarımlar yapmak amacıyla Samsun Şubemizin yürütücülüğünde, Ondokuz Mayıs Üniversitesi ev sahipliğinde, 27-28 Haziran 2025 tarihlerinde "GNSS PPP (Precise Point Positioning) Yöntemi ve Uygulamaları Çalıştayı" yapılmıştır.

Hassas nokta konumlama olarak nitelendirilen Precise Point Positioning (PPP, PPP-AR, PPP-RTK) teknikleri son yıllarda çeşitli GNSS uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bağlı konumlama yöntemlerinden ayrı olarak referans istasyon kullanımına ihtiyaç duymaması yöntemin en önemli avantajıdır. PPP tekniği sayesinde tek bir GNSS alıcısı ile küresel ölçekte jeodezik ve jeodinamik çalışmalarda yüksek konum doğruluğu elde edilebilmektedir. Bu durum tekniğin statik ve kinematik ölçülere dayalı konum belirleme ve navigasyon uygulamalarındaki önemini giderek artırmaktadır. Yer kontrol, sıklaştırma ağı ve detay noktalarının ölçülmesinin yanı sıra insansız hava araçları gibi hareketli platformların izlenmesi, yakın yer uydularının yörüngelerinin belirlenmesi gibi uygulamalarda PPP tekniğinin sağladığı yarar güncel araştırma konularının başında gelmektedir.

Ülkemizde 15 yılı aşkın süredir Ağ-RTK tekniğine dayalı olarak gerçek zamanlı konumlama hizmeti veren TUSAGA-Aktif sisteminin olası erişim ve çözüm sorunlarından kaynaklanan iş kayıplarının önüne geçmek ve konum belirlemede kontrol ve denetim ihtiyacını karşılamak amacıyla PPP tekniği son yıllarda önemli bir seçenek haline gelmiştir. Öte yandan GNSS PPP tekniğinin potansiyel avantajları başta haritacılık olmak üzere hassas nokta konumlama ile ilgilenen sivil, askeri ve ticari kullanıcıları yakından ilgilendirmektedir. Bu çalıştayda PPP tekniğinin ülkemizde kullanılabilirliğinin araştırılması, iş tanımlarına uygun olarak gerekliliklerin ve standartların belirlenmesi ve çalıştayın sonuçlarıyla Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği için PPP tekniğinin kullanımına yönelik önerilerin oluşturulması hedeflenmiştir.

"GNSS PPP Yöntemi ve Uygulamaları Çalıştayı", Odamızın Jeodezi ve Konum Belirleme ve Mühendislik Komisyonlarının öncülüğünde düzenlenmiş, etkinlik süresince aynı tema başlıklı açılış paneli ve sekiz teknik oturum gerçekleştirilmiştir. Teknik konuların ele alındığı oturumlarda ise yirmi davetli konuşmacı sunumlarıyla Çalıştay'da yer almıştır.

GNSS PPP yöntemi ve uygulamalarının dününün, bugününün, geleceğinin ve

mesleğimizdeki yansımalarının tüm yönleriyle ele alındığı Çalıştay; Türkiye’de konum belirleme teknolojilerinin geleceğine dair somut önerilerin ortaya konmasına vesile olmuştur.

Yasal ve kurumsal düzenlemeler anlamında yapılması gerekenlerin ele alındığı, TUSAGA-Aktif sisteminin iyileştirilmesi ve entegrasyonu için önerilerin sunulduğu, eğitim, araştırma ve geliştirme faaliyetleri anlamında hedeflerin belirlendiği ve PPP’nin yaygınlaştırılması için önemli hususların altının çizildiği Çalıştay, başarılı bir şekilde tamamlanmıştır. Hazırlanan Çalıştay Sonuç Raporunda da bu somut önerilere değinilmiştir, bu konular 20. Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayında da daha geniş bir katılımı ile ele alınarak üzerinde çalışılmış olup önerilerin hayata geçirilmesi için Odamız çalışmalarını sürdürecektir.

GNSS PPP Yöntemi ve Uygulamaları Çalıştayı’na katkı ve katılım sağlayan herkese teşekkür ederim.

Ali İpek
Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası
Genel Başkanı

Editörden

Tarih boyunca jeodezik problemler ve çözüm yöntemleri insanoğlunun konuma ve navigasyona duyduğu ihtiyaçlar doğrultusunda teknolojik gelişmelere koşut ilerlemiştir. Milattan önce 3. yüzyıla kadar uzanan geçmişiyle, uzak hedeflere doğrultu gözlemi yapmaya yarayan teodolitleri, 18. yüzyılda kronometrelerin geliştirilmesi izlemiş, 20 yüzyıla gelindiğinde ise elektronik osilatörler yardımıyla çalışan kuvars saatler ve son olarak elektromanyetik dalgaların yayılım özelliklerinden hareketle zaman, doğrultu, açı ve uzunluk ölçümü bugünkü halini almıştır. Teknolojik anlamda devrim sayılabilecek gelişmelerinden en önemlisi ise 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren tüm bu gelişmelerin devamında atomik süreçlerin gözlenmeye başlanmasıyla yaşanmıştır.

GNSS olarak bilinen küresel konum belirleme ve navigasyon sistemlerinin öncüsü, 1978 yılında ilk blok uyduların yörüngeye yerleştirilmesiyle Navstar GPS olmuştur. Bu teknikle çok yüksek frekans stabilitesine sahip atomik saatlerde üretilen sinyaller aracılığıyla dünyanın herhangi bir yerinde zaman ve konum bilgisi gerçek zamanlı elde edilebilmektedir. Farklı ölçme teknikleriyle, birkaç metreden birkaç milimetreye kadar konum doğruluğu sağlayan GPS askeri hedeflerin çok ötesine geçmiş, sivil yaşamın ve iletişimin vazgeçilmez aracına dönüşmüştür. Rusya'nın GLONASS'ı Avrupa Birliği'nin GALILEO'su, Çin Halk Cumhuriyeti'nin BEIDOU'su ve Japonya'nın QZSS'si bu gelişmeyi farklı stratejilerle devam ettiren ve bir bütün olarak GNSS tekniğinin etkinliğini ve verimini arttıran diğer takımuydu sistemleridir.

Uzun yıllar konum ölçmesi anlamında bu devrimsel tekniğin avantajlarından bahsedilirken, yeryüzünde herhangi bir referans konum bilgisine gereksinim duymaksızın GPS ve ardıllarının yer merkezli "mutlak ve anlık" konum bilgisini birkaç metre doğrulukla vermesi gösterilmiştir. Başta ülke ölçmeleri olmak üzere cm-mm düzeyinde yüksek doğruluk isteyen çalışmalar için ise diferansiyel ölçme zorunluluk görülmüştür. 2000'li yıllara gelindiğinde, "mutlak ve hassas" konum belirleme anlamında kullanılan GNSS PPP tekniği ile söz konusu zorunluluğun ortadan kaldırılabilceği anlaşılmıştır.

Günümüzde GNSS PPP tekniği için olmazsa olmaz hassas yörünge bilgisine gerçek zamandan iki haftaya kadar uzanan gecikmelerle erişim sağlanabilmektedir. Bu kolaylık, yüksek standartlı yer sabit bir referans çerçevesinde mutlak konum ve navigasyon bilgisini elde etmeyi olanaklı kılmıştır. Hassas yörünge bilgisi üretim servislerinin kapasiteleri ve hizmet standartları geliştikçe, mobil iletişim teknolojileri ve internet altyapısı iyileştikçe GNSS PPP tekniğinin etkinliğinin artması kaçınılmazdır. Sonuçlar sadece ülke ölçmeleri ve jeodezik çalışmaları değil, mobil haritacılıktan savunma sanayisine, erken uyarı sistemlerinden yörünge izleme çalışmalarına kadar çok geniş bir spektruma doğrudan yansımıştır. Aynı şekilde, ülkemizde 2009 yılından beri kullandığımız ağ RTK servisi TUSAGA Aktif sisteminin bu teknikle daha üst düzey bir verimlilik kazanması beklenmektedir.

Tüm bu gelişmeler ışığında Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası'nca 27-28 Haziran 2025 tarihlerinde Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi ve HKMO Samsun Şubesi ev

sahipliğinde “GNSS PPP Tekniği ve Uygulamaları Çalıştayı” düzenlenmiştir. Konuyla ilgili tüm sektör temsilcileri ve uzmanların katılımıyla GNSS PPP tekniğinin güncel durumu ve potansiyeli tartışılmıştır. Başta Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Harita Genel Müdürlüğü, HKMO gibi uygulayıcı ve düzenleyici kurumlar ile ar-ge faaliyeti yürüten araştırma kuruluşu temsilcilerinin görüş ve önerileri doğrultusunda Çalıştay Sonuç Raporu hazırlanmıştır. Bundan sonraki adım GNSS PPP tekniği gibi yeni nesil konumlama teknolojilerinin mesleğimizdeki uygulamalarından en üst düzeyde fayda sağlamak için ulusal standartlar ve gereksinimlerin tanımlanması, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği ve ilgili mevzuat geliştirme çalışmalarının yürütülmesidir.

Çalıştayın organizasyonu, gerçekleştirilmesi ve raporun hazırlanmasında emeği geçen tüm meslektaşlarıma teşekkür ediyorum, Çalıştay Sonuç Raporunun okuyucuya yararlı olmasını diliyorum.

Ekim 2025
Prof. Dr. Aydın Üstün

Giriş

TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Jeodezi ve Konum Belirleme ve Mühendislik Komisyonlarının öncülüğünde GNSS PPP Yöntemi ve Uygulamaları Çalıştayı, Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü ve HKMO Samsun Şubesi Yönetim Kurulu organizasyonu ile 27-28 Haziran 2025 tarihlerinde Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kurupelit Yerleşkesi'nde düzenlenmiştir. Etkinlik süresince aynı tema başlıklı açılış paneli ve 8 teknik oturum düzenlenmiştir. Teknik konuların ele alındığı oturumlarda; 20 davetli konuşmacı sunumlarıyla Çalıştay'da yer almıştır. Başta üniversitelerde görev yapan, konuyla ilgili araştırmacılar olmak üzere kamu ve özel özel sektör temsilcileri ve öğrencilerden oluşan 120'ye yakın katılımcı sunum ve konuşmalar sonrası sorularıyla tartışmalara katılmış, GNSS PPP yöntemi ve uygulamalarının dün, bugün, geleceği ve mesleğimizdeki yansımaları; Çalıştay'ın amaçları doğrultusunda tüm yönleriyle ele alınmıştır. Aşağıda açılış paneli ve oturum başlıklarına göre öne çıkan başlıklar ve sonuçları özetlenmiştir.



Günümüz Dünyasında Konumlama Teknolojileri ve TUSAGA-Aktif Sistemi

İçinde bulunduğumuz 21. yüzyıl, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki baş döndürücü gelişmelere konu olmuştur. Bu teknolojilerin bir parçası olarak konumlama hayatımızın her alanına nüfuz eden uygulama pratiği haline gelmiştir. Navigasyon uygulamalarından akıllı tarım sistemlerine, afet yönetiminden otonom araçlara kadar pek çok alanda konum bilgisine olan ihtiyaç, her geçen gün artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılayan en önemli araçlardan biri ise **Küresel Navigasyon Uydu Sistemleridir (GNSS)**.

GNSS, üzerinde yaşadığımız yerkürenin yörüngesindeki uydulardan elde edilen sinyaller aracılığıyla kullanıcılar için konum, hız ve zaman bilgisi sağlayan bir teknoloji bütünüdür. Amerika Birleşik Devletleri'nin GPS'si ile başlayan konumlama devrimi; Rusya'nın GLONASS'ı, Avrupa Birliği'nin Galileo'su, Çin Halk Cumhuriyeti'nin BeiDou'su ve Japonya'nın QZSS'si gibi sistemlerle genişleyerek ilerlemektedir. Var olan teknolojiler, küresel ya da bölgesel bir coğrafi kapsama alanında kullanıcılarına kesintisiz bir şekilde, değişik doğruluk seviyelerinde konum hizmeti verilebilmektedir. Konum belirleme ve navigasyon teknolojisinin bilimsel, sivil ve askeri stratejik önemi nedeniyle sürekli iyileşmesi ve kullanım alanının giderek genişlemesi kaçınılmazdır. Bu sistemler sayesinde, doğru ve anlık konum bilgisine erişmek artık bir lüks olmaktan çıkmış, günlük yaşantımızın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir.

GNSS tekniğinin bilimsel ve teknik uygulama karşılığı, kapsamlı olarak harita mühendisliğinde ve ilgili diğer disiplinlerde kendine doğrudan yer bulmaktadır. Ülke konumlama servisleri söz konusu uygulamaların başında gelmektedir. Bilindiği gibi **TUSAGA-Aktif**; Türkiye ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (KKTC) genelinde gerçek zamanlı, yüksek doğruluklu coğrafi konum bilgisi üreten ve ulusal ölçekte hizmet veren bir konumlama servsidir. Modern ölçme, haritacılık ve coğrafi bilgi altyapısının temelini oluşturduğu için stratejik öneme sahip yüksek teknoloji sistemidir. Proje TUBİTAK'ın desteğiyle 2006'da başlayıp 2009'da tamamlanmıştır. Halihazırda Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) ve Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından ortaklaşa işletilmektedir. TUSAGA-Aktif, Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) ve Diferansiyel GPS (DGPS) gibi yöntemleri kullanarak kullanıcılara düzeltme verilerini anlık olarak iletir. Türkiye'de ve KKTC'de kurulduğu günden bugüne;

- Özellikle kadastro ve imar ve planlama çalışmaları başta olmak üzere her türlü harita üretimi, mühendislik ölçmeleri gibi alanlarda saha çalışmalarında, ölçüm süresini ve maliyetini önemli ölçüde azaltarak hız ve verimlilik kazandırmış,

- Hassas mühendislik projeleri, deformasyon izleme, kentsel dönüşüm ve altyapı çalışmaları için güvenilir veri altyapısı oluşturmuş, santimetre-milimetre seviyesinde doğruluğu olanaklı kılmış,
- Ülke genelinde geniş bir kapsama alanı sunarak daha önce ulaşılması zor veya ölçülmesi maliyetli olan bölgelerde internet erişiminin olduğu her yerden kolayca konum bilgisi elde edilmesini sağlamış,
- Geleneksel yöntemlere kıyasla daha az insan gücü ve ekipman gerektirmesi sayesinde birçok projenin maliyetini düşürmüş ve ulusal ekonomiye katkıda bulunmuştur.

TUSAGA-Aktif sistemi, yararlanıcısı olan ve hizmet sunduğu tüm sektörler için önemli işlevlere sahiptir. Buna karşın harita-kadastro, coğrafi bilgi sistemleri sektöründe hizmet üreten ve hizmetten yararlanan taraflar açısından ülke datumunda üç boyutlu konumsal verinin teknik kullanımı, hukuki ve yasal sorumluluklar doğurmaktadır. Bu yüzden, ülkemizin jeodinamik yapısı TUSAGA-Aktif istasyonlarıyla tanımlı ülke koordinat sistemi gerçekleştirmelerinin başta büyük depremler olmak üzere epok tanımlı olarak güncellenmesini veya koordinat düzeltmelerinin yayımlanmasını zorunlu kılmaktadır.



Bunun dışında, sistem kullanıcılarının gerçek zamanlı konum belirleme uygulamalarında yaşadığı sorunlar üretilen hizmet kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Sahadaki üyelerimizden Odamıza iletilen sorunların başında;

- 3 boyutlu koordinat bilgilerinde desimetreyi aşan büyüklüklerde tutarsızlıklar görüldüğü,
- Taşıyıcı faz tamsayı belirsizliği çözümü (fixed olma) ortalama sürelerinin normalden daha uzun sürdüğü veya hiç tamsayı çözümü elde edilemediği,
- Belirli bir bölgede alıcıdan bağımsız olarak kullanıcıların TUSAGA-Aktif ağından tamsayı çözümü elde edemezken aynı bölgeyi kapsayan yerel GNSS/CORS ağlarından tamsayı çözümünün başarılı bir şekilde sağlandığı,
- Ölçü sonrası hizmetler kapsamında kullanılan TUSAGA-Aktif sistemi istasyonlarının Rinex verilerinin (30 s ve 1 s) bazı istasyonlar için eksik, kesikli veya hiç olmadığı,
- Başta Güneydoğu Anadolu Bölgesi olmak üzere ülke sınırlarında ve şehir merkezlerinde güvenlik gerekçeleri ile yapılan sinyal yanıltma (spoofing) ve bozma (jamming) etkilerine bağlı olarak istasyonlar ve alıcılar arasında düzeltme verisi transferinin gerçekleştirilemediği ve dolayısıyla hizmet üretiminin aksadığı

durumları görülmektedir.

Yukarıda belirtilen tüm problemlere ve olumlu gelişmelere rağmen zaman içerisinde GNSS sistemlerinde yapılan iyileştirmeler, kullanıcı ve uygulayıcı düzeyinde yeni teknolojilere dayalı farklı konumlama seçenekleri ve gereksinimleri, savunma ve güvenlik tercihlerinden doğan ihtiyaçlar; TUSAGA-Aktif sisteminin de zaman içerisinde güncellenmesi ve kapasitesinin geliştirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

GNSS PPP Tekniği: Konum Belirlemenin Yeni Boyutu

Geleneksel GNSS konumlama yöntemleri uzun yıllardır yüksek konum doğruluğu gerektiren uygulamalarda başarıyla kullanılmaktadır. Bu yöntemler temelde hassas koordinatları bilinen referans istasyonlara yapılan eş zamanlı gözlemlere ihtiyaç duyar. Yakın istasyonlar arası baz ölçümleri GNSS hata kaynaklarını önemli ölçüde ortadan kaldırır. Bağlı konumlama olarak adlandırılan bu yöntem, gözlem ve değerlendirme stratejisine bağlı olarak farklı seviyelerde doğruluk sağlar. Temel olarak konum doğruluğu referans istasyonlardan olan uzaklığa bağlıdır ve mesafe arttıkça önemli ölçüde düşer. Bu noktada **Hassas Nokta Konumlandırma (Precise Point Positioning-PPP)** yöntemi yüksek konum doğruluğu gerektiren uygulamalar açısından farklı bir bakış açısıyla devreye girmiştir. PPP, tek bir alıcı ile santimetre düzeyinde hatta milimetreye varan doğruluklar elde

Tek Alıcı, Küresel Ağ, Milimetrik Hassasiyet

Uygulama Alanları ve Potansiyeli



Geleneksel Yöntemler



PPP Teknolojisi



Zaman ve Maliyetten Tasarruf için PPP

etme potansiyeli sunan önemli bir alternatif haline gelmiştir.

PPP yöntemi, küresel bir ağdan elde edilen hassas ürünler sayesinde uydu yörünge ve saat hatalarına ek olarak iyonosferik ve troposferik gecikmeler gibi GNSS sinyallerini etkileyen sistematik hataların en doğru şekilde modellenmesi ve düzeltilmesi prensibine dayanır. Bu sayede, referans istasyonlarına bağımlılığı ortadan kalkar. Dolayısıyla dünya genelinde herhangi bir noktada veya hareketli bir platformda yüksek doğruluklu konumlama yapmak mümkün hale gelir. Bu bağımsızlık, özellikle referans istasyonu ağlarının bulunmadığı veya erişimin zor olduğu bölgelerde PPP'yi paha biçilmez kılmaktadır.

PPP'nin Uygulama Alanları ve Potansiyeli

PPP yönteminin sağladığı yüksek doğruluk ve esneklik, onu geniş bir uygulama yelpazesi için ideal hale getirmektedir. Bu uygulamaların bazıları aşağıda sıralanmıştır:

Jeodezi ve haritacılıkta: Büyük ölçekli haritaların oluşturulması, deformasyon izleme, yer kabuğu hareketlerinin incelenmesi ve jeodinamik araştırmalarda PPP, vazgeçilmez bir araçtır. Özellikle uzak ve internet erişiminin olmadığı bölgelerde saha çalışmalarının maliyetini ve süresini düşürmesi açısından büyük avantajlar sunmaktadır.

Otonom sistemlerde: Otonom araçlar, insansız hava araçları (İHA) ve robotik sistemler için hassas konum bilgisi hayati öneme sahiptir. PPP, bu sistemlerin güvenli ve doğru bir şekilde navigasyon yapmasını sağlayarak otonom teknolojilerin gelişimine önemli katkı sunmaktadır. Yüksek doğruluk, karmaşık manevraların ve hassas görevlerin yerine getirilmesinde kritik rol oynamaktadır.

Tarım ve çevre yönetiminde: Akıllı tarım uygulamalarında, tohum ekiminden gübrelemeye, ilaçlamadan hasada kadar tüm süreçlerde hassas konumlandırma, verimliliği artırmakta ve kaynak kullanımını optimize etmektedir. Çevre yönetiminde ise doğal afetlerin izlenmesi, orman alanlarının korunması ve su kaynaklarının yönetimi gibi alanlarda PPP, değerli veriler sağlamaktadır.

Yapı ve inşaat sektöründe: Büyük ölçekli inşaat projelerinde, köprü, baraj ve gökdelen gibi yapıların inşasında ve deformasyon takibinde PPP, milimetrik hassasiyetle kontrol imkânı sunar. Bu, yapıların güvenliğini artırır ve proje maliyetlerini optimize etmeye yardımcı olur.

Denizcilik ve havacılıkta: Denizcilikte oşinografik araştırmalar, hidrografik ölçümler ve liman yönetimi gibi alanlarda, havacılıkta ise uçak navigasyonu ve hava trafik kontrolünde PPP, operasyonel güvenliği ve verimliliği artırıcı çözümler sunmaktadır.

Geleceğe Yönelik Perspektifler ve Çalıştay'dan Beklentiler

Ağ-RTK (Network Real-Time Kinematic) tekniğini kullanan TUSAGA-Aktif sistemi ve 'Hassas Nokta Konumlama' olarak adlandırılan GNSS PPP birbirinden farklı şekillerde çalışan bağımsız konumlama yöntemleridir. Son yıllarda kullanımı giderek yaygınlaşan GNSS PPP yöntemi, konumlama teknolojilerinde bir devrimi temsil etmektedir. Doğruluk ve duyarlık avantajlarının yanı sıra esnekliği ve geniş uygulama alanıyla modern dünyanın ihtiyaçlarına cevap veren kritik bir araçtır. Yakın gelecekte kuantum teknolojilerini içine alan konum belirleme ve navigasyon, algılama sistemleri, iletişim teknolojileri ve bunları işleten algoritma yapay zekâ teknolojileri konuşuluyor olacaktır. Çalıştay; PPP'nin mevcut durumunu değerlendirmek, gelecekteki eğilimleri ve sonuçlarını tartışmak, ulusal ölçekte konumlama servislerinin hizmet kalitesini iyileştirmek, bu alanda çalışan meslektaşlarımızın ve uygulayıcıların deneyimlerini paylaşmak, bilgi birikimini



artırmak için önemli bir fırsat olmuştur.

GNSS teknolojileri ve özellikle PPP yöntemi, sürekli bir gelişim ve dönüşüm içerisinde. Daha fazla uydu sistemi, daha güçlü sinyaller ve daha sofistike işlem algoritmaları ile gelecekte PPP'nin çok daha geniş alanlarda kullanılması beklenmektedir. Yapay zekâ ve makine öğrenimi tekniklerinin PPP algoritmalarına entegrasyonu, doğruluk ve güvenilirliği daha da artırma potansiyeli taşımaktadır.

Alanında uzman akademisyenlerin, araştırmacıların ve sektör temsilcilerinin bir araya gelerek bilgi ve deneyimlerin aktarıldığı bu Çalıştay'da PPP yönteminin teorik temellerinden güncel uygulamalarına, karşılaşılan zorluklardan geleceğe yönelik perspektiflere kadar birçok konu ele alınmıştır. Çalıştay programı sırasına göre açılış paneli ve teknik oturumlarda ele alınan başlıklar, sunum ve tartışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Açılış Paneli: GNSS PPP Yöntemi ve Uygulamaları



Çalıştay açılış paneli, harita mühendisliği sektörünü kurumlar düzeyinde temsil eden katılımcılarla gerçekleştirilmiştir. Oturumda panel moderatörü Prof. Dr. Aydın Üstün'ün GNSS PPP yöntemi uygulamalarının bilimsel evrimini ve kuantum navigasyon olarak ilerlemesi beklenen yakın geleceğini ortaya koymasından sonra, ülkemiz ölçeğinde bu gelişmelerin mesleğimize yansımalarını ve kurumların faaliyetlerini, sunulan hizmetleri ve beklentileri panel katılımcılarıyla birlikte masaya yatırmıştır.

- Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Genel Başkanı Ali İpek, GNSS PPP uygulamalarının uzun zamandır sektörün gündeminde olduğunu, teknolojinin doğal gelişiminin bir sonucu olarak mühendislik uygulamalarında kullanıldığını ve hizmet üretildiğini söyleyerek yöntemin yaygınlaşmasının önünde mevzuat eksikliklerinin bulunduğunu ve bu konuda Jeodezi ve Konum Belirleme ile Mühendislik Ölçmeleri Komisyonları ile çalışmalara başlandığını, HKMO öncülüğünde organize edilen bu Çalıştay ile tüm katılımcıların uygulama deneyimlerini ve sektör beklentilerini kayıt altına almak istediklerini dile getirmiştir.

Ali İpek konuşmasının devamında; teknolojik ve sektörel gelişmenin bazı ulusal güvenlik açığı sorunlarını da beraberinde getirdiğini, TUSAGA-Aktif'in kullanımında zaman zaman yaşanan hizmet, erişim ve çözüm sıkıntılarının GNSS teknolojisi geliştiren kuruluşlarca alternatif RTK hizmeti sunmaya ve bu yolla kontrolsüz kullanıcı verisi toplamaya yönelttiğini, dolayısıyla hizmet standardı tanımlanmayan işlemlerin harita mühendisliği sektörü ve

ulusal güvenlik açısından risk barındırdığını aktarmıştır. Sektörü etkileyen en önemli sorunların başında gelen sinyal kesicilere karşı çözüm üretilmesi, TUSAGA-Aktif sisteminin altyapısının GNSS PPP tekniğiyle güçlendirilmesi, konum belirleme servislerinin geliştirilmesine ulusal strateji eylem planı çerçevesinde bakılması gerektiğinin altını çizmiştir.

- Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Harita Daire Başkanı Ekrem Ayyıldız, Kurumsal olarak güncel teknolojiyi yakından takip ettiklerini ve Genel Müdürlüğün başta TUSAGA-Aktif olmak üzere yürüttüğü tüm projeleri bu doğrultuda sürekli iyileştirmeyi hedeflediklerini aktarmıştır. TUSAGA-Aktif'in güncel durumuna ilişkin istatistikleri paylaşırken günlük %8-10 aralığında erişim sıkıntısı yaşayan kullanıcıların sorunlarını çözmek için telefonla canlı hizmet verdiklerini belirterek kurumun misyonu gereği kullanıcı beklentilerini karşılamayı ve çözüm geliştirmeyi istediklerini ifade etmiştir. Bu doğrultuda mevcut sistemi iyileştirmeyi amaçlayan yeni alıcı, uydu ve yazılım araçlarını temin ederek TUSAGA-Aktif hizmet kalitesini GNSS PPP tekniğine dayalı yan çözümlerle geliştirme yönünde çalıştıklarını aktarmıştır.

- Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu Başkanı, Harita Genel Müdürlüğü Jeodezi Daire Başkanı Dr. Müh. Albay Erdiñ Sezen, GNSS teknolojisinin gelişimindeki temel motivasyonun askeri ve güvenlik ihtiyaçları olduğunu, konunun stratejik önemi nedeniyle diğer küresel oyuncu ülkelerin de gündemine girdiğini, zaman içerisinde anlık ve yüksek doğruluğuna ilişkin avantajlarıyla sivil kullanıma doğru ilerlediğini belirtmiştir. Bu teknolojinin küresel ölçekte yaygınlaşmasının olumsuz yanlarından birinin de askeri ve sivil güvenliğin sağlanmasının bir sonucu olarak GNSS sinyallerinin kasıtlı bozulması olduğunu anlatmıştır. GNSS PPP tekniği alternatif konum belirleme avantajı sağlamakla birlikte, sinyal bozulmasına çare olmasının mümkün olmadığını aktarmıştır. TUSAGA-Aktif ve TUTGA istasyonlarını da içine alan yoğun nokta kümesiyle jeodinamik olayları ve plaka hareketlerini incelemek üzere bu tekniğin avantajından Harita Genel Müdürlüğü olarak yararlandıklarını dile getirmiştir.

Erdiñ Sezen konuşmasının devamında; Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'nin yürürlükteki maddelerine aykırı uygulamalarla karşılaşıldığını, sabit GNSS istasyonların kurulmasında kamu ve özel sektör kuruluşlarının HGM'yi bilgilendirmediğini, dolayısıyla üretilen harita bilgilerinin güvenilirliğinin ve tescilinin sorunlu hale geldiğini ifade etmiştir. Piyasada kullanıcılardan hizmet bedeli talep etmeksizin sabit istasyonların tesis edildiğini, kullanıcılardan konum ve veri toplandığını ve bunun kontrolsüz şekilde yurt dışı ile paylaşılması tehlikesi bulunduğunun altını çizmiştir.

TUSAGA-Aktif istasyon ağının başta Türkiye kara sınırları içerisinde ve yakın sınır çevresinde çalıştığını, iletişim altyapı eksikliklerinden kaynaklanan TUSAGA-Aktif erişim kısıtlılığının GNSS PPP tekniği ile geliştirilebileceğini anlatmıştır. Konuşmanın son bölümünde, ana faylara yakın yer kontrol istasyonlarında deformasyonların yıllık büyüklüklerinin ve deprem anı kırılma değerlerinin harita ve koordinat tutarlığını zorlaştırdığını, tescile konu işlemlerde Harita Genel Müdürlüğüne yayımlanmış hız alanı bilgilerinin kullanılması gerektiğinin altını çizmiştir.

- TÜBİTAK Uzay Enstitüsü Uzaktan Algılama Grup Lideri Dr. Kaan Kalkan, TÜBİTAK uzay projelerinin güncel durumunu kısaca özetledikten sonra İmece uydusu için geliştirdikleri KKS (Küresel Konumlama Sistemi) alıcısı ve PPP tekniğine dayalı uygulamalar hakkında bilgiler paylaşmıştır. PPP tekniğinin ülke savunma ve uzaktan algılama çalışmalarındaki önemini ilgili alanlarda proje geliştiren TÜBİTAK-Uzay ve SAGE gibi kuruluşlarca çok iyi bilindiğini ve GNSS alıcısı teknolojilerini geliştirmeyi öncelediklerini aktarmıştır. LEO (Low Earth Orbiter) olarak adlandırılan uzaktan algılama uyduları açısından hassas yörünge bilgisinin başta tarım, madencilik, afet olaylarının izlenmesi gibi sonuç ürünlere doğrudan yansıdığını, konum doğruluğunu iyileştirdiğini ifade etmiştir.

Panelistlerin konuşmalarını tamamlamasının ardından dinleyicilerin panel konularıyla ilgili soru ve görüşlerine geçilmiştir. TUSAGA-Aktif'in sinyal kesicilerinden kaynaklanan erişim sorunları hakkında zaman ve coğrafi kapsam örnekleri, koordinat çözüm farklılıkları ve GNSS PPP yönteminin bu sorunlara hangi durumlarda çözüm getirilebileceğine ilişkin sorular farklı kurumları temsil eden dinleyiciler tarafından sorulmuş ve görüşler paylaşılmıştır.

Hassas Nokta Konumlamanın Dünü, Bugünü ve Yarını



Hassas Nokta Konumlamanın (Precise Point Positioning-PPP) tarihsel gelişimi, günümüzdeki durumu ve gelecekteki potansiyeli; Çalıştay'ın ilk teknik oturumunda ele alınmıştır. PPP tekniğinin evrimi, konum belirleme yöntemlerinin performans kriterleri (doğruluk, hassasiyet, kullanılabilirlik vb.), navigasyon savaşları ve bu savaşların konumlama sistemleri üzerindeki etkileri kapsamlı şekilde tartışılmıştır. Ayrıca Türkiye'deki mevcut TUSAGA-Aktif sistemi ile PPP yönteminin entegrasyonu ve gelecekteki olası gelişimleri katılımcı değerlendirmeleriyle birlikte irdelenmiş, bazı somut tespit ve öneriler paylaşılmıştır. Oturumdan çıkan ana sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- **PPP Tekniğinin Gelişimi:** 1990'ların sonunda ortaya çıkan PPP yöntemi, referans istasyonun verisine ihtiyaç duymadan yüksek doğrulukta konum bilgisi sağlayabilen bir tekniktir. Geleneksel PPP yönteminin en büyük dezavantajı olan yakınsama süresi (30-60 dakika), günümüzde PPP-RTK ve PPP-AR gibi yöntemler ile ortadan kaldırılmakta ya da anlamlı ölçüde (<20 dakika) düşürülmektedir.



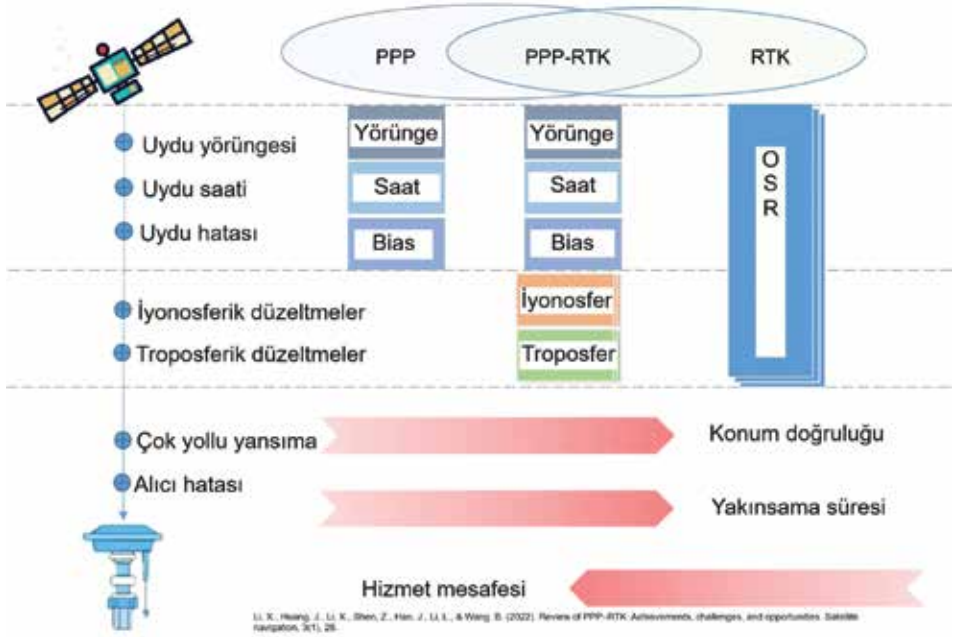
- **Konum Belirleme Performans Kriterleri:** Konum belirleme yöntemlerinin performansını değerlendirmek için doğruluk ve hassasiyet gibi geleneksel olanların yanı sıra kullanılabilirlik, süreklilik ve bütünlük gibi yeni parametreler günümüzde önem kazanmıştır.
- **Navigasyon Savaşları ve Etkileri:** Küresel navigasyon uydu sistemlerini (GNSS) etkisiz hale getirme girişimleri, navigasyon savaşları olarak adlandırılmaktadır. Bu durum, sistemlerin güvenilirliğini ve erişilebilirliğini olumsuz etkileyerek GNSS'e dayalı konum belirleme görevlerini aksatabilmektedir.
- **Küresel GNSS Sistemlerinin Çeşitlenmesi:** Başlangıçta askeri amaçlarla geliştirilen GPS'in yanı sıra günümüzde Rusya'nın GLONASS, Avrupa Birliği'nin Galileo ve Çin'in BeiDou gibi kendi GNSS sistemleri bulunmaktadır. Türkiye'de ise Milli Uzay Programı kapsamında Bölgesel Konumlama ve Zamanlama Sistemi (BKZS) geliştirilmesi hedeflenmektedir.
- **Yeni Nesil PPP Uygulamaları:** Çoklu uydu takımı ve çoklu frekans kullanımı, PPP performansını önemli ölçüde artırmaktadır. Ayrıca PPP-RTK servisleri (Galileo HAS, BeiDou PPP-B2b gibi) küresel ve ticari sağlayıcılar tarafından sunulmaktadır. Gelecek eğilimleri arasında iyileştirilmiş atmosfer modelleri, kentsel alan çözümleri ve LEO uydularının kullanılması bulunmaktadır.
- **TUSAGA-Aktif Sistemi ve Geleceği:** Türkiye'de uzun yıllardır hizmet veren Ağ-RTK tabanlı TUSAGA-Aktif sistemi, mevcut durumda 198 sabit istasyonla hizmet vermektedir. Ancak sistem, istasyonların bulunmadığı bölgelerde (denizlerde ve ülke sınırları dışında) yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle TUSAGA-Aktif'i tamamlayıcı bir PPP-RTK servisinin entegrasyonu, sistemin mevcut kısıtlılıklarını aşmak için önemli bir fırsat olarak görülmektedir.

Ulusal Referans Ağlar Temelinde Jeodezik ve Jeodinamik Uygulamalar



Oturumda Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi (TUREF) ve Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY) gibi ulusal standartlar ve düzenlemeler ele alınmıştır. GNSS PPP tekniğinin, harita üretimi ve diğer uygulamalar bağlamında TUREF ile ilişkisi ve uyumu incelenmiştir. Harita Genel Müdürlüğü'nün (HGM) Türkiye'deki ulusal referans ağlarını (TUTGA, TUSAGA-Aktif, TR-GRAV, TUDES) kurma ve yönetme çalışmalarına ilişkin tanıtım sunumu gerçekleştirildikten sonra 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinin büyüklüğünün PPP tekniği kullanılarak yüksek frekanslı GNSS verileriyle tahmini örneğinde PPP tekniğinin jeodinamik çalışmalardaki öneminden bahsedilmiştir. Oturumda aşağıdaki tespit ve öneriler sunulmuştur.

- **TUREF ve BÖHHBÜY:** Türkiye'deki tüm coğrafi bilgilerin, TUREF'e dayalı ve yüksek doğruluklu bir koordinat sisteminde tanımlanması gerekmektedir. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY), harita bilgilerinin üretimi için standartları belirlemiştir. Bu yönetmelik, doğruluk kriterlerine uygun olmak şartıyla farklı ölçüm ve hesaplama yöntemlerinin kullanılmasına da izin vermektedir.
- **PPP ve TUREF Arasındaki Farklar:** IGS ürünleriyle hesaplanan PPP koordinatları ITRF2020 referans çerçevesinde olurken TUREF koordinatları ITRF96'ya dayanmaktadır. Bu durum, güncel PPP koordinatları ile TUREF koordinatları arasında 8-10 cm'lik bir farka neden olabilmektedir.
- **Deprem Çalışmalarında PPP'nin Kullanımı:** PPP tekniği, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinin büyüklüklerini tahmin etmek amacıyla yüksek frekanslı GNSS verileriyle yapılan çalışmalarda başarıyla kullanılmıştır. Bu sonuçlar, PPP tekniğinin jeodinamik ve diğer ilgili mühendislik çalışmalarında da kullanılabileceğini göstermektedir.
- **Ulusal Referans Ağları:** Harita Genel Müdürlüğü; Türkiye'nin jeodezik altyapısını oluşturan TUTGA, TUSAGA-Aktif, TR-GRAV ve TUDES gibi referans ağlarını kurmakta ve yönetmektedir. TUSAGA-Aktif ve TUTGA gibi modern ağlar, hız bilgileriyle birlikte 4 boyutlu (X, Y, Z, t) olarak tanımlanmaktadır.
- **Hız Alanı Belirleme Projesi:** Harita Genel Müdürlüğü tarafından başlatılan "Türkiye Hız Alanının Belirlenmesi" projesi kapsamında, kullanıcıların konum için hız bilgisine erişebilecekleri bir uygulama geliştirilmiştir. Bu projede, TUTGA ve TUSAGA-Aktif noktalarına ek olarak diğer kurumlara ait istasyon verileri de kullanılmıştır.
- **PPP Koordinatlarının TUREF'e Dönüştürülmesi:** PPP ile elde edilen koordinatların TUREF'e dönüştürülebilmesi için dönüşüm parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu işlem için TUSAGA-Aktif istasyonları ortak



nokta olarak kullanılabilir ve dönüşüm parametreleri hesaplanabilir. IERS tarafından sağlanan global parametreler ile TUSAGA-Aktif noktalarından hesaplanan parametreler arasındaki fark incelenmeli ve uygulamaya yönelik sonuçların ortaya konulmalıdır.

- **Harita Bilgisi Üretiminde PPP'nin Rolü:** PPP yöntemi, özellikle yerel ağların bulunmadığı bölgelerde (kıyı şeritleri gibi) bağıl konum belirlemeye alternatif bir yöntem olarak PPP uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır. PPP yöntemi, yönetmelikte belirtilen doğruluk kriterlerine uygunsa harita bilgisi üretimi için kullanılabilir.
- **Altyapı Geliştirme ve İş Birliği:** Türkiye'de PPP/PPP-RTK veri akışını yönetecek yerli servis altyapılarının geliştirilmesi ve mevcut TUSAGA-Aktif ağı ile entegrasyonunun sağlanması, sistemin sürdürülebilirliği için kritik öneme sahiptir. Bu alanda farklı kinematik uygulamalar için test çalışmalarının yapılması ve kamu, özel sektör ve akademi iş birliğini destekleyen projeler sayısı artırılmalıdır.

Kinematik Uygulamalar



GNSS PPP tekniğinin yaygın uygulama alanlarının başında kinematik (hareketli platformlarda) ve gerçek zamanlı uygulamalar gelmektedir. Oturumda konuşmacılar, PPP'nin referans istasyonlarına ihtiyaç duymadan cm seviyesinde doğruluk sağlaması sayesinde, savunma sanayiden otonom araçlara kadar geniş bir alanda nasıl kullanılabileceğini anlatmıştır. Mobil haritalama, otonom insansız kara ve hava aracı sistemleri ile akıllı tarım uygulamalarında global RT-PPP ve PPP-RTK servislerinin doğrulukları irdelenmiş, uygulama örnekleri sunulmuştur. IMU, LiDAR, kamera gibi sensörler ile entegre GNSS sensörlerinin bütünlük kullanımının RT-PPP ve PPP-RTK teknikleri ile kullanımının farklı sektör konum belirleme doğrulukları açısından uygulamaları gerçekleştirilen ar-ge proje örnekleri katılımcılara aktarılmıştır. Ayrıca Türkiye'de bu teknolojinin yerleştirilmesi ve mevcut CORS (TUSAGA-Aktif) ağıyla entegrasyonu konusuna da değinilmiş, aşağıdaki tespit ve öneriler ortaya konulmuştur.

- **Otonom sistemler:** Sivil kullanıcıları ve savunma sanayisini içine alan kara-deniz-hava otonom sistemleri, hassas tarım uygulamaları doğrudan GNSS konum ve navigasyon bilgisinden yararlanır. Bu tür teknolojiler giderek daha stratejik önem kazanmakta ve küresel ölçekte büyük bir pazar değeri oluşturmaktadır. GNSS PPP tekniği bu teknolojinin yaygınlaşmasını hızlandırmakla kalmamış, etkinliğini ve verimini artırmıştır.
- **Performans ölçütleri:** Doğruluk, bütünlük, erişilebilirlik, süreklilik ve kapsama alanı, “gerçek zamanlı (real-time)” ve “kinematik modda” gerçekleşmesi beklenen bu uygulamaların temel performans ölçütleridir.
- **Gerçek Zamanlı Uygulamalar:** Geniş uygulama alanlarının yanı sıra ger-



çek zamanlı (Real Time-RT) PPP çözümlerinin de güncel yaklaşımlar göz önüne alınarak geliştirilmesi ve doğrulukların artırılması gerekmektedir. Özellikle PPP-AR, Fast PPP-AR ve PPP-RTK yaklaşımları ile SSR'a dayalı çözümlerin yerel, bölgesel ve global ölçekte etkin kullanımı ve cm düzeyde konum belirlemenin sağlanması, farklı nitelikteki kinematik ve gerçek zamanlı uygulamalara efektif katkı sağlayacaktır.

- **Mühendislik Ölçmeleri:** Haritacılık hizmetleri ve hassas ölçme çalışmalarında da rölatif (bağıl) konum belirlemeye alternatif olarak deformasyon ölçmeleri, hidrografik ölçmeler, endüstriyel ölçmeler, madencilik ölçmeleri, mühendislik ölçmeleri ve tektonik çalışmalar kapsamında destekleyici, bağımsız bir sistem olarak kullanılabilecektir.

- **Alternatif Çözümler:** TUSAGA-Aktif altyapısına erişimin kısıtlı olduğu yerlerde, Ağ-RTK (VRS, FKP, MAC, PRS, DGNSS) tekniğine alternatif olarak global ölçekte düzeltme verisi sağlayan RT-PPP/PPP-RTK servislerinin gerçek zamanlı kinematik uygulamalarda etkin kullanılabileceği belirtilmiştir.

Ancak global ölçekte hizmet sunan bu servislerin ücretlendirme politikası ve konum belirleme doğruluk seviyelendirmesi arasında farklılıklar olduğu belirtilmiştir.

- **Ürün Geliştirme ve Sektörel Çeşitlilik:** RT-PPP/PPP-RTK tekniği yaklaşımlarının gerçek zamanlı kinematik uygulamalarda kullanımının yaygınlaştığı, gelecekte bu alandaki gelişmelerle birlikte farklı sektörlerde global ölçekte mutlak olarak cm düzeyindeki konum belirlemede daha dinamik bir süreç yaşanacaktır.
- **Altyapı İyileştirme:** Ülkemizde başta harita mühendisliği uygulamaları olmak üzere farklı sektörlerle yönelik konum belirleme hizmetlerine de destek sağlanabilmesi için RT-PPP/PPP-RTK yerli servis altyapılarının geliştirilmesi ve mevcut TUSAGA-Aktif servisi ile entegrasyonunun sağlanması, sistemin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu doğrultuda değişik kinematik uygulamalar için test çalışmalarının gerçekleştirilmesi ve performans ölçümü gerekmektedir. Ayrıca kamu, özel sektör ve akademi iş birliğini bu yönde destekleyecek projelerin sayısının artması, sürece ülke ve sektör kalkınması noktasında önemli çıktılar sunacaktır.

Mühendislik Ölçmeleri Uygulamaları



GNSS-PPP yönteminin mühendislik ölçmeleri ve yapı sağlığı izleme uygulamalarındaki yeri ve önemini ele alınmıştır. Yapı mühendisliğinde GNSS alıcılarının rolü, bu alanda dinamik davranış analizinin nasıl yapıldığı ve geleneksel yön-



temlere kıyasla PPP tekniğinin getirdiği avantajlar vurgulanmış, aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- **Yapı Sağlığı İzlemede PPP'nin Rolü:** GNSS-PPP yöntemi, yapı sağlığı izlemelerinde ivmeölçerler gibi klasik sensörlerin sınırlılıklarını aşarak özellikle uzun periyotlu yatay yer değiştirme ölçümlerinde daha esnek, ekonomik ve etkili bir çözüm sunmaktadır. Yöntem, yapıların dinamik tepkilerini milimetre düzeyinde ve frekanslarını yüksek hassasiyetle belirleyebilmektedir.
- **Bağıl Konum Belirlemeye Göre Avantajları:** Deprem gibi yatay ve dikey sarsıntılara neden olan olaylarda, bağıl konum belirleme yönteminde kullanılan sabit nokta şartı sağlanamadığı için GNSS-PPP'nin mutlak konum belirleme yeteneği öne çıkmaktadır. Ayrıca PPP yöntemi, tek bir GNSS alıcısı kullandığı için bağıl yöntemle göre daha düşük gürültülü zaman serileri elde edilmesini sağlamaktadır.

- **Mühendislik Ölçmelerindeki Kullanım Alanları:** GNSS-PPP yöntemleri, deformasyon analizi, ağ kontrolü ve yapı sağlığı izleme gibi farklı mühendislik ölçmelerinde etkin bir şekilde kullanılabilir. Özellikle jeodezik altyapının olmadığı yerlerde harita, inşaat, geoteknik ve ilgili diğer mühendislik dalları için amaca yönelik çözümler üretebilmektedir.
- **Mevzuata İlişkin Düzenlemeler ve Disiplinlerarası İş Birliği:** GNSS-PPP yöntemi TUREF sistemi içerisinde istenen datum tanımı ve koordinat dönüşümleri yapıldıktan sonra, BÖHKBÜY belirtilen kurallara göre üretilen C derece ağılar için bağımsız bir değerlendirme aracı olarak kullanılabilir.

GNSS tabanlı izleme teknikleri sadece harita mühendisliği alanında değil yapı mühendisliği gibi diğer disiplinlerarası alanlarda da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ülkemizde yüksek yapıların izlenmesine ilişkin yönetmeliğin düzenlenmesi ve izleme sistemlerinde GNSS kullanımının zorunlu hale getirilmesine yönelik girişimlere öncelik verilmeli, harita mühendisliği disiplininin bu alandaki projelere daha fazla dahil olması için gerekli mevzuat çalışmaları yürütülmelidir.

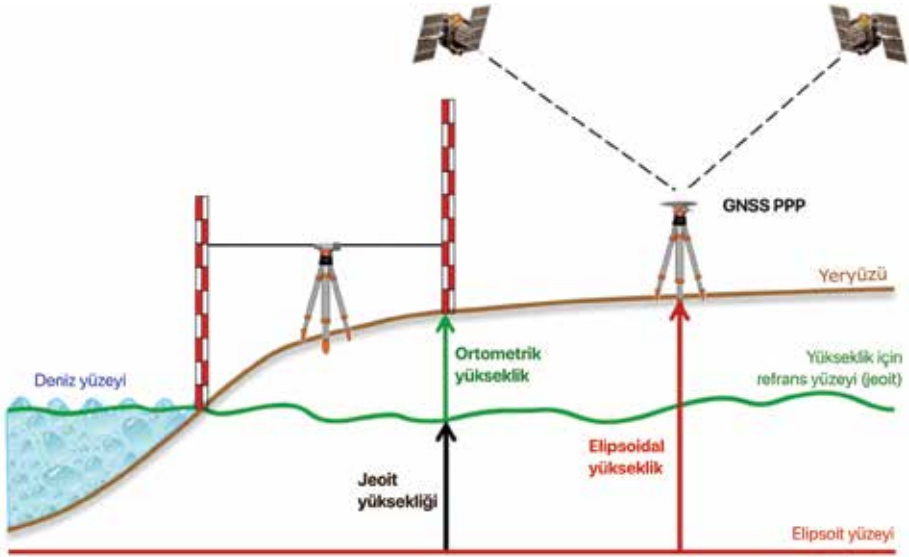
Yükseklik Ölçmeleri



GNSS-PPP yönteminin yükseklik ölçme uygulamalarındaki yeri, performansı ve karşılaşılan zorluklar üzerine odaklanılmıştır. Yüksekliğin yatay konuma göre daha az duyarlı olmasının nedenleri, TUSAGA-Aktif gibi mevcut sistemlerle kı-

yaslamalar yapılarak Türkiye'deki güncel jeoit modelleri (TG20, TG03) ile PPP yönteminin entegrasyonunu tartışılmıştır. Ayrıca PPP tekniğinde “yakınsama problemi” gibi temel sorunlara ve çözüm önerilerine değinilmiştir. Oturumda çıkarılan sonuçlar şunlardır:

- **GNSS ile Yükseklik Ölçümünün Zorlukları:** GNSS ile elde edilen düşey konum, sistemsel nedenlerle yatay konuma göre 2-3 kat daha az duyarlıdır. Bunun temel sebepleri arasında uyduların hep aynı yönden görülmesi, atmosferik gecikmeler (kırılmalar) ve çevresel etmenler bulunmaktadır.
- **PPP Yönteminin Yüksek Doğruluk Potansiyeli:** Uzun süreli ve IGS standartlarında yapılan PPP ölçümlerinde, düşey konum duyarlılığı 3-5 mm seviyesinde elde edilebilmektedir. Bu sonuçlar; PPP'nin heyelan, çökme ve erozyon gibi doğal afetlerin izlenmesi ile mühendislik yapılarının takibinde, 1-3 cm duyarlılık sağlayan TUSAGA-Aktif'e göre daha iyi bir hizmet sunabileceğini göstermektedir.
- **Kampanya Ölçümlerinin Önemi:** Kampanya tipi GNSS ölçümlerinden



Kaynak: https://pubs.bkg.bund.de/geoide/nivobacherauer_en.php

elde edilen duyarlılığın santimetre mertebesine kadar kötüleştiği uygulama deneyimlerinden anlaşılmaktadır. Bu tür ölçümlerin en az 3 tekrarlı ve minimum 8-10 saat süreli yapılması önerilmektedir.

- **TG20 Jeoidinin İyileştirilmesi:** GNSS ve nivelman ölçümlerinin eş zamanlı alınması gibi metodolojik değişiklikler sayesinde TG20 jeoidi, eski TG03'e göre ortalama 3 kat daha iyi bir sonuç vermektedir (yaklaşık 3 cm). Bu iyileş-

tirme sayesinde TG20, BÖHHBÜY standartları açısından seviyesinde sonuç vermektedir.

- **Gerçek Zamanlı PPP'nin Yakınsama Sorunu:** Gerçek zamanlı GNSS-PPP uygulamalarında, hâlâ en az 20 dakikalık bir yakınsama süresine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu problem ve diğer atmosferik etkiler nedeniyle anlık düşey konum 30 cm gibi çok kaba bir düzeyde belirlenebilmektedir. Bu durum, TG20 jeoidinin ürettiği yükseklik duyarlılığından yaklaşık 10 kat daha kötüdür.

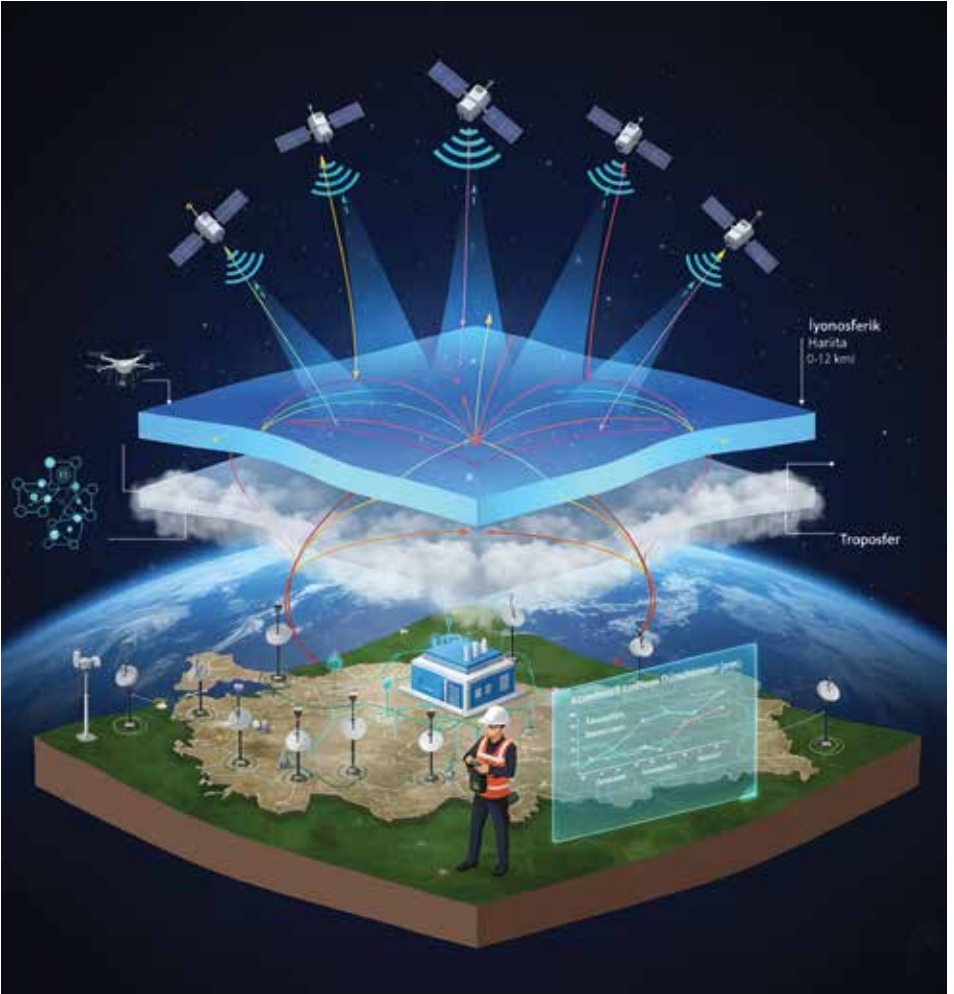
Atmosferik Uygulamalar



Bu oturumda GNSS PPP tekniğindeki atmosferik etkilerin (iyonosferik ve troposferik gecikmeler) doğru modellenmesi ele alınmış ve Türkiye'ye özgü çözümler geliştirme ihtiyacı tartışılmıştır. Aşağıda bu tartışmadan çıkan bazı sonuçlar listelenmiştir:

- **Atmosferik Etkilerin Önemi:** İyonosferik ve troposferik gecikmeler, diferansiyel GNSS tekniğine kıyasla PPP çözümünün kalitesini ve doğruluğunu doğrudan etkiler. Bu nedenle her iki katmanın önceden yüksek doğrulukla modellenmesi çözüm kalitesini arttıracaktır.
- **Teknolojik Gelişmeler ve Altyapı:** Önceden belirlenmiş modellerin kullanılması durumunda anlık GNSS PPP çözümleri için sayısal hava modeli çıktıların GNSS verileriyle entegrasyonu gereklidir. Bu yüzden gerçek zamanlı, bölgesel model üretebilen bir altyapının oluşturulması için planlı bir yol haritası hazırlanmalıdır. Böyle bir altyapı, hassas konumlama uygulamalarının yanı sıra uzay-hava olaylarının izlenmesinde de stratejik bir rol oynayacaktır.

- **Bölgesel Etkiler:** Bölgesel CORS ağları sayesinde yüksek çözünürlüklü iyonosfer haritaları ve troposfer modelleri üretmek mümkün hale gelmiştir. Bölgesel atmosferik modeller, sadece konumlama doğruluğunu artırmakla kalmayıp aynı zamanda GNSS tabanlı tüm sistemlerin genel performansını da yükseltecektir.
- **Türkiye'ye Özgü Çözüm İhtiyacı:** Orta enlem kuşağında yer alan Türkiye için küresel modeller yeterli olsa da iyonosferdeki ani değişimlerin yerel karakteri nedeniyle bölgesel iyonosfer haritalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı zamanda, troposferik gecikmenin modellenmesinde bölgesel meteorolojik verilerin kullanımı anlam kazanmaktadır. Bu doğrultuda, Türkiye'ye özgü izdüşüm fonksiyonlarının geliştirilmesi önerilmektedir.



- **Yönetmelik ve Standartların Gerekliliği:** BÖHHBÜY gibi mevcut yönetmeliklerde atmosferik düzeltmelere dair açık hükümler bulunmamaktadır. Bu nedenle, GNSS PPP uygulamalarında kullanılacak atmosferik modellerin ve parametrelerin standartlaştırılması ve yönetmeliklerde tanımlanması gerekmektedir.
- **Yenilikçi Yaklaşımlar:** Derin öğrenme ve yapay zekâ tabanlı modellemeler, atmosferik olayların tespitinde yeni olanaklar sunmaktadır ve yerli ürünlerle birleşerek önemli katkılar sağlayacaktır.

Hidrografik Ölçmeler



Bu oturumda PPP tekniğine dayalı olarak hidrografik ölçme çalışmalarında yüksek doğruluk gereksinimlerinin nedenleri, uluslararası standartlar, Türkiye'deki mühendislik ve hidrografik ölçmeler için aranan standartlar ve yönetmelik ihtiyacının temel esasları, TUSAGA-Aktif sistemine RT-PPP özelliğinin eklenmesi ve Harita Mühendisliği Bölümlerinde hidrografik ölçme derslerinin yaygınlaştırılması gibi meslek eğitimi konuları ele alınmıştır. Oturum tartışmalarından elde edilen sonuçlar ve öneriler şunlardır:

- **Gerçek Zamanlı PPP Tekniğinin Hidrografik Ölçmelerdeki Kullanılabilirliği:** Gerçek zamanlı GNSS-PPP tekniğinin hidrografik ölçmelerdeki performansı değişik araştırma sonuçları literatür örnekleriyle irdelenmiştir. Veri toplama için uygulanan yöntemle bağlı olarak gerçek zamanlı PPP tekniği ile cm ila dm aralığında değişen doğruluk seviyelerinde konum belirlemenin mümkündür. Doğruluk değerleri, seyir amaçlı deniz haritalarının üretiminde kullanılan Uluslararası Hidrografi Örgütü (IHO) standartlarını (IHO S-44) karşılamaktadır.

- **Performans Değerlendirme Kriterleri:** Hidrografik ölçmelerde kullanılan yöntemlerin performansının değerlendirilmesinde sadece doğruluk değil aynı zamanda diğer GNSS performans parametrelerinin (hassasiyet, kullanılabilirlik, süreklilik, güvenilirlik ve bütünlük) de dikkate alınması gerekmektedir.
- **Kutup Bölgelerinde PPP Performansı:** Kutup bölgeleri gibi zorlu koşullarda yapılan gözlemlere dayalı çalışmaların sonuçları, geleneksel PPP hem de PPP-AR teknikleriyle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmelidir. Bu doğrultuda gerçekleştirilen konum doğruluğu inceleme sonuçları, PPP-AR tekniği performansının geleneksel PPP'ye göre daha iyi olduğunu işaret etmektedir. Diğer yandan her iki yöntemin de IHO S-44 standartlarının konumla ilgili kriterlerini sağladığı görülmektedir.
- **Standart ve Yönetmelik İhtiyacı:** IHO standartlarının daha çok seyir amaçlı deniz haritalarına odaklandığı belirtilmiş ve Türkiye'de farklı mühendislik ve deniz ölçmeleri için cm-dm mertebesinde 3B konum doğruluğu gerektiren hidrografik ölçme standardının belirlenmesi gerektiği ifade edilmiştir. Daha genel bir çerçevede ise mühendislik ölçmeleri standartlarının oluşturulması gerektiği ifade edilmiştir.

PPP TENİĞİ VE DENİZ HARİTACILIĞI



- **TUSAGA-Aktif Sisteminin Geliştirilmesi:** TUSAGA-Aktif sistemine RT-PPP özelliğinin eklenmesiyle bölgesel gerçek zamanlı bir PPP tabanlı konum belirleme sisteminin kurulabileceği değerlendirilmiştir. Bu sistem sayesinde GSM/internet kesintisi durumunda uydudan düzeltme alınarak kesintisiz hizmet verilebileceği ve TUSAGA-Aktif ağının kapsama alanı dışındaki sahil ve açık denizlerde yüksek doğrulukta konum belirlemenin mümkün olacağı belirtilmiştir.
- **Eğitim ve Akademik Çalışmalar:** Hidrografik ölçmeler konusunda daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir. Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı gibi düzenleyici kurumların ilgili alanda faaliyet gösteren özel ve kamu kurumların akreditasyonu ve belirli hizmet deneyimleriyle ilgili standartlar hakkında mevzuat değişikliğini zaman içerisinde gündeme getirmesi beklenmektedir. Bu nedenle Harita Mühendisliği Bölümlerinin lisans ve lisansüstü düzeyde Hidrografik Ölçmeler dersleri açması için ilgili makamlara öneride bulunulmalıdır.
- **Alternatif Teknolojiler ve Milli Sistemler:** Yerli ve milli navigasyon sistemlerinin geliştirilmesinin stratejik öneme sahip olduğu bilinmektedir, dolayısıyla bu konuda akademik çalışmalar yapılması gerektiğinin altı çizilmiştir. Ayrıca dünyadaki eğilimin Kuantum Navigasyon'a kaydığı dikkate alınarak bu alanda çalışmalara yönelinmesi ve GNSS'ye alternatif konum belirleme teknikleri üzerine akademik çalışmalara ağırlık verilmelidir.

PPP Değerlendirme Servisleri ve Açık Kaynaklı Yazılımlar



Çalıştay'ın son teknik oturumunda, çevrim içi değerlendirme servisleri ve açık kaynaklı yazılımlar aracılığıyla nasıl kullanıldığı ve bu araçların özellikleri ele alınmıştır. Konuşmacılar servislerin ve yazılımların genel işleyişini, sundukları avantajları, performanslarını ve aralarındaki temel farklılıkları uygulama örnek-

leriyle birlikte değerlendirmiştir. Bunlar arasında uluslararası düzeyde yaygın kullanıma sahip CSRS-PPP, Magic GNSS-PPP ve Türkiye’de geliştirilen PPPH çevrim içi servisler ile çeşitli açık kaynaklı yazılımlar hakkında bilgiler hakkında genel sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- **PPP’nin Popülaritesi:** Referans istasyon ihtiyacını ortadan kaldırması ve mesafeden bağımsız yüksek doğruluk sağlaması biçiminde ifade edilen PPP tekniğinin avantajları sadece tekniğin kendisinden değil aynı zamanda çevrim içi değerlendirme servislerinin ve açık kaynak yazılımların kolay erişilebilir olması ve değerlendirme kolaylığı sağlamasıdır.

Çevrimiçi PPP Değerlendirme Servisleri: Bu servisler, GNSS verisi işleme altyapısı olmayan kullanıcıların bile kolayca PPP çözümü yapmasına olanak tanır. Kullanıcılar RINEX formatındaki verilerini yükler ve sonuçları e-posta yoluyla alırlar. Bazı önemli çevrim içi servisler ve açık kaynak yazılımlar:



- **CSRS-PPP:** Uzun yıllardır hizmet veren bu servis, 2020'den beri PPP-AR çözümü sunmaktadır ve 2025'ten itibaren GPS'e ek olarak Galileo uydularını da desteklemektedir.
- **PPPH Online:** TÜBİTAK desteğiyle Hacettepe Üniversitesi öğretim üelerince geliştirilmiştir. Kullanıcı dostu arayüzü ve detaylı çözüm seçenekleriyle öne çıkmaktadır. Deneysel sonuçlar dikkate alındığında PPP-AR yerine geleneksel PPP yöntemini kullanması nedeniyle CSRS-PPP'ye göre daha uzun bir yakınsama süresine sahiptir.
- **Çeşitlilik:** Uygulamada çift ve tek frekanslı çözümler sunabilen RTKLIB, GAMP, PPPH gibi birçok açık kaynaklı yazılım bulunmaktadır.
- **PPP-AR Desteği:** Net_Diff, PRIDE PPP-AR ve PPP-ARISEN gibi bazı yazılımlar, daha hızlı ve doğru sonuçlar sağlayan PPP-AR çözümünü de desteklemektedir.
- **Performans Karşılaştırmaları:** Deneysel analizler, PPP-AR çözümü sunan servis ve yazılımların (örneğin PRIDE PPP-AR), geleneksel PPP çözümü sunanlara göre daha kısa yakınsama süresi ve daha yüksek konum doğruluğu sağladığını göstermektedir.
- GNSS PPP tekniğinin ulusal düzeyde yaygınlaşması, başta Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği olmak üzere yasal mevzuatın güncellenmesine bağlıdır. Bu doğrultuda yukarıdaki çözüm ve değerlendirme stratejileri, uygulamadaki gereksinimler göz önüne alınarak konum ve navigasyon bilgilerinin dokümantasyonu için standartlar tanımlanmalıdır.
- Söz konusu standartların oluşturulmasında PPPH Online gibi ulusal servisler tercih edilmeli, ayrıca Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Harita Genel Müdürlüğü gibi kamu kuruluşlarının iş birliğinde sürekli servis altyapısı oluşturulmalıdır.

Özet Sonuç ve Öneriler



Hassas Nokta Konumlandırma (PPP) Yöntemi

Hassas Nokta Konumlandırma (PPP), geleneksel GNSS yöntemlerinden farklı olarak tek bir alıcı ile santimetre düzeyinde doğruluk sağlayabilen bir tekniktir. Bu yöntem, referans istasyonlarına bağımlılığı ortadan kaldırarak dünyanın herhangi bir yerinde veya hareketli bir platformda yüksek doğruluklu konumlandırma yapmayı mümkün kılar. Yakınsama süresi (konum çözümünün kararlı hale gelmesi için gereken süre) uzun olsa da PPP-RTK ve PPP-AR gibi yeni yöntemlerle bu süre 20 dakikanın altına düşürülebilmektedir.

PPP yönteminin sağladığı yüksek doğruluk ve esneklik, onu birçok alanda değerli bir araç haline getirmektedir. Öne çıkan bazı uygulama alanları şunlardır:

- **Jeodezi, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Harita Üretimi:** Büyük ölçekli haritaların oluşturulması, deformasyon izleme ve jeodinamik araştırmalar için vazgeçilmez bir araçtır.
- **Otonom Sistemler:** Otonom araçlar ve İHA'lar için hassas navigasyon sağlayarak bu teknolojilerin güvenli ve doğru çalışmasına katkıda bulunur.
- **Tarım ve Çevre Yönetimi:** Akıllı tarım uygulamalarında verimliliği artırır, çevre yönetiminde ise doğal afetlerin izlenmesi gibi alanlarda değerli veriler sunar.
- **İnşaat Sektörü:** Köprü ve baraj gibi büyük ölçekli projelerin inşasında ve deformasyon takibinde milimetrik hassasiyetle kontrol imkânı sağlar.
- **Denizcilik ve Havacılık:** Denizcilikte hidrografik ölçümler ve havacılıkta uçak navigasyonu gibi operasyonel güvenliği ve verimliliği artıran çözümler sunar.

Öneriler ve Geleceğe Yönelik Adımlar

Çalıştay'da Türkiye'de konum belirleme teknolojilerinin geleceğine dair aşağıdaki somut öneriler ortaya konulmuştur:

1. Yasal ve Kurumsal Düzenlemeler

- Harita mühendisliği uygulamalarında GNSS PPP tekniğinin yaygınlaşması için Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği gibi yasal mevzuatların güncellenmesi gerekmektedir.
- Kamu ve özel sektör kuruluşlarının kurduğu sabit GNSS istasyonlarının Harita Genel Müdürlüğüne bildirilmesi sağlanmalıdır.
- Ülkemizde yabancı şirketlerin kontrolsüz bir şekilde düzeltme verisi ve kullanıcı verisi toplamasını kontrol altına almak için hizmet standartları tanımlanmalıdır.

2. TUSAGA-Aktif Sisteminin İyileştirilmesi ve Entegrasyonu

- PPP Yöntemi, TUSAGA-Aktif sisteminin bir alternatifi değildir. TUSAGA-Aktif sistemi, GNSS sinyal yansıtıcılara ve kesicilere karşı güçlendirilmeli, altyapısı GNSS PPP tekniğiyle desteklenmelidir.
- Sistemin mevcut kısıtlılıklarını aşmak için TUSAGA-Aktif'e tamamlayıcı yerli bir PPP-RTK servisinin entegrasyonu önemlidir. Bu entegrasyon, özellikle istasyonların olmadığı denizlerde ve ülke sınırları dışındaki bölgelerde yüksek doğrulukta konum belirlemeyi mümkün kılacaktır.
- TUSAGA-Aktif istasyonları, PPP ile elde edilen koordinatların TUREF'e (Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi) dönüştürülmesi için ortak nokta olarak kullanılabilir durumdadır.

3. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Faaliyetleri

- Türkiye'de PPP/PPP-RTK veri akışını yönetecek yerli servis altyapıları geliştirilmeli ve mevcut TUSAGA-Aktif ağı ile entegrasyonu sağlanmalıdır.
- Kamu, özel sektör ve akademi iş birliğini destekleyen projelerin sayısı artırılmalıdır.
- Türkiye'ye özgü bölgesel iyonosfer haritaları ve troposfer modellerinin oluşturulmalıdır.
- Milli Uzay Programı kapsamında Bölgesel Konumlama ve Zamanlama Sisteminin (BKZS) geliştirilmesinin hedeflendiği bilinmektedir. Bu yönde yapılacak akademik çalışmalar desteklenmelidir. Ayrıca Kuantum Navigasyon gibi alternatif teknolojiler üzerine çalışmalar yapılmalıdır.
- Harita Mühendisliği Bölümlerinin lisans veya lisansüstü düzeyde Hidrografik Ölçmeler gibi dersleri açması için ilgili makamlara öneride bulunulmalıdır.
- Yüksek yapıların izlenmesine ilişkin yönetmeliklerin düzenlenmesi ve bu süreçlerde GNSS kullanımının zorunlu hale getirilmesi için girişimlerde bulunulmalıdır.



4. PPP'nin Yaygınlaştırılması

- Özellikle yerel ağların bulunmadığı kıyı şeritleri gibi bölgelerde, PPP uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır.
- PPPH Online gibi ulusal servisler tercih edilmeli ve bu servislerin geliştirilmesi için kamu kuruluşları arasında sürekli bir iş birliği sağlanmalıdır.
- PPP tekniği, mühendislik ölçmelerinde bağımsız bir sistem olarak kullanılabilir. Özellikle deformasyon ölçmeleri, hidrografik ölçmeler ve endüstriyel ölçmeler gibi alanlarda destekleyici bir rol oynayabilir. Bu tip uygulamalar yaygınlaştırılarak meslek profesyonelleri arasında bilgi paylaşımı artırılmalıdır.



ÇALIŞTAY

GNSS PPP

Hassas Nokta Konumlama Yöntemi ve Uygulamaları

27-28 Haziran 2025

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Atatürk Kültür Merkezi/ Samsun

[SONUÇ RAPORU]

www.hkmo.org.tr



twitter.com/TMMOBHKMO



facebook.com/TMMOBHKMO



[@tmmobhkmo](https://instagram.com/tmmobhkmo)



[@tmmobhkmo](https://youtube.com/tmmobhkmo)



flickr.com/tmmobhkmo



linkedin.com/company/tmmobhkmo

Mustafa Kemal Mahallesi 2129. Sokak No:1 / 7-8-9 Çankaya / ANKARA

T: +90 312 232 57 77 F: +90 312 230 85 74 @: hkmo@hkmo.org.tr